

Contribuția ICPE-CA la dezvoltarea tehnicilor de bioimpedanță

Tehnicile de bioimpedanță se bazează pe injectarea într-un mediu biologic (corp uman, țesut sau cultură celulară) a unui curent electric alternativ de intensitate foarte mică, constant din punct de vedere al valorii medii de $I = 100 \mu A$. Acest curent electric produce o cădere de tensiune direct proporțională cu impedanța electrică a țesutului uman. Măsurătorile bioimpedanței se bazează pe faptul că mediile biologice se comportă ca și conductori, dielectrics sau izolatori de curent electric, în funcție de compoziția lor. Există astfel o dependență a valorilor bioimpedanței de frecvență, care poate oferi informații despre fiziologia și patologia țesuturilor și celulelor. Metoda de măsurare a bioimpedanței se bazează pe răspunsul tranzitoriu al interfeței piele - senzor de bioimpedanță la injectarea într-un mediu biologic a unui curent electric alternativ de intensitate foarte mică, prin intermediul electrozilor de injecție de curent.

 Dr. ing. Lucian Pîslaru-Dănescu, ICPE-CA

Aportul ICPE-CA

În ultimii ani, ICPE-CA a depus eforturi constante pentru a dezvolta aparatură medicală complexă, ca rezultat al proiectelor de cercetare. În acest sens, proiectul NUCLEU cu titlul „Sistem complex de



Fig. 1 Electrozi de injecție de curent, fabricați din Ag de puritate 99,99 %, având diametrul și grosimea de: $\Phi = 10 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ și $h = 0,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$

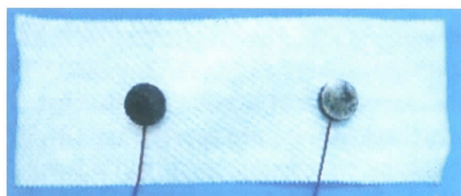


Fig. 2 Elementul sensibil al senzorului de bioimpedanță polarizat uscat cu electrozi realizați din material sensibil pe bază de hibrid nanocompozit Ag/polipirol, având diametrul și grosimea de: $\Phi = 11 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ și $h = 1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$



Fig. 3 Electrozii de detectare a biopotentialului electric, fabricați din Au, având diametrul și grosimea de: $\Phi = 10 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ și $h = 0,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$

măsură a bioimpedanței, ca suport pentru monitorizarea funcțiilor vitale și dezvoltarea tehnicilor de impedanță cardiovasculară de utilitate clinică” are rezultate semnificative.

Prima frecvență de lucru aleasă este de $f = 40 \text{ kHz}$, ce permite măsurarea bioimpedanței pielii. Aceasta pentru că liniile de curent se distribuie numai pe suprafața pielii, adâncimea de pătrundere fiind de până la 1 mm. Materialul utilizat la realizarea electrozilor de injecție de curent este o folie de argint de puritate 99,99 %, **fig. 1**.

Frecvența de $f = 40 \text{ kHz}$ corespunde unei porțiuni liniare a curbei de variație a impedanței cu frecvența, pentru materialele sensibile dezvoltate în cadrul ICPE-CA, cum sunt nanocompozitele de tipul 10%Ag/polipirol și 20%Ag/polipirol. Aceste materiale nanocompozite sunt biocompatibile și fac obiectul unei cereri de brevet în curs de examinare, A 00526/20.08.2020, de pusă

la OSIM, cu titlul: „Senzor polimeric de bioimpedanță și procedeu de sinteză a materialului sensibil compozit Ag/polipirol”, titular INC DIE ICPE-CA, București. Ca și materiale sensibile ce sunt utilizate la realizarea electrozilor de detectare a potențialului electric pentru senzorul de bioimpedanță, **fig. 2**, capabilitatea de a fi biocompatibile este crucială, deoarece intră în contact direct cu sistemele biologice ale pacientului.

Cea de-a doua frecvență de lucru aleasă este de $f = 100 \text{ Hz}$ și permite măsurarea bioimpedanței pentru diferite organe țintă. De această dată, adâncimea de pătrundere a liniilor de curent este de până la 30 cm, ceea ce face posibilă realizarea măsurătorilor de bioimpedanță pentru organe țintă precum inimă, ficat, pancreas, plămâni, stomac, intestine etc. În cazul realizării echipamentelor pentru investigarea bioimpedanței la joasă frecvență, și anume pentru $f = 100 \text{ Hz}$, un curent constant cu o valoare medie de $I = 100 \mu A$ este injectat în corpul uman cu ajutorul a doi electrozi de injecție de curent fabricați din argint, **fig. 1**, iar semnalul biologic încărcat cu informația despre biopotențialele generate de către organele țintă ale corpului uman este prelevat de la alți doi electrozii, realizați din aur, **fig. 3**. În acest caz, senzorul de bioimpedanță, este redat în **fig. 4**.

Dezvoltarea sistemului de măsură a bioimpedanței

Realizarea practică a sistemului complex de măsură a bioimpedanței, ca suport pentru dezvoltarea tehnicilor de impedanță cardiovasculară de utilitate clinică, a necesitat

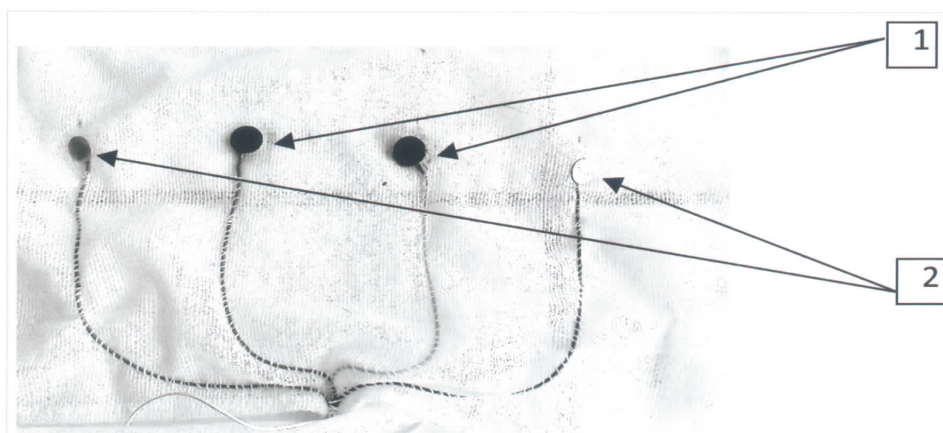


Fig. 4 Realizarea senzorului de bioimpedanță, prin dispunerea elementului sensibil (1) și a electrozilor de injecție de curent (2) pe un material textil



Fig. 5 Realizarea practică a sistemului complex de măsură a bioimpedanței, ca suport pentru dezvoltarea tehnicilor de impedanță cardiovasculară de utilitate clinică

dezvoltarea unui sistem electronic care să preia potențialul electric de la senzorul de bioimpedanță. Acest sistem electronic face obiectul unei cereri de brevet în curs de examinare, A/00287/25.05.2022, depusă la OSIM, cu titlul: „Sistem electronic de condiționare cu utilizare în preluarea semnalelor biologice”, titular INC DIE ICPE-CA. De asemenea, dezvoltarea modului electronic al generatorului de curent constant $I = 100 \mu A$ în valoare medie a constituit o etapă necesară dezvoltării acestui echipament. În **fig. 5** se prezintă sistemul complex de măsură a bioimpedanței, realizare practică.

În decursul experimentelor s-au obținut valorile mediate ale rezistivității bioelectrice pentru diferitele zone ale corpului uman, clasificate în funcție de poziționarea organelor. Aceste valori au fost comparate cu calculele prezentate în alte lucrări de specialitate, cum ar fi Faes, T.J.C, *The electric resistivity of human tissues (100 Hz-10 MHz): a meta-analysis of review studies. Physiol. Meas., 1999, 20, 4, R1-10*, doi: 10.1088/0967-3334/20/4/201.

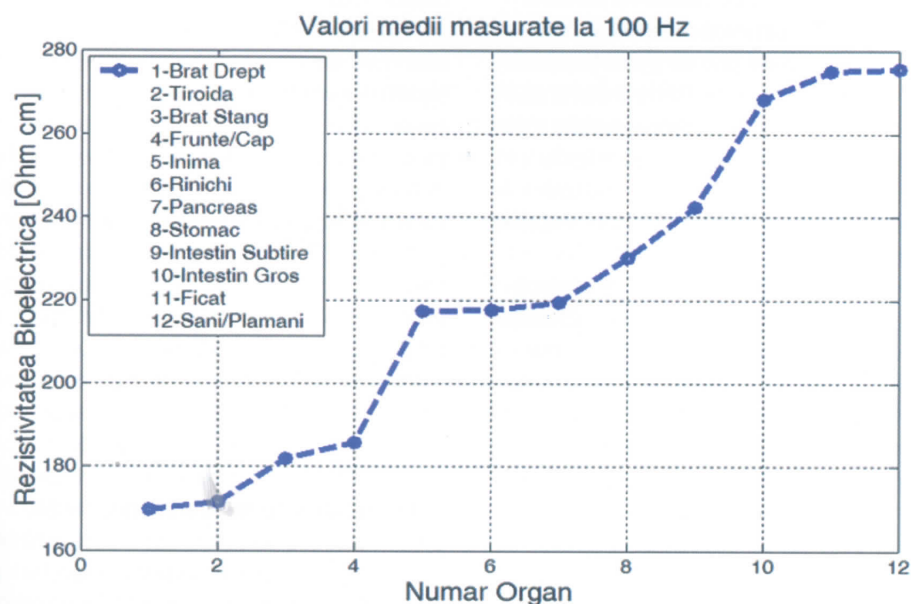


Fig. 6 Valorile mediate ale rezistivității bioelectrice măsurate la 100 Hz, pentru diferite zone ale corpului (organe)



Fig. 7 Modulul electronic al surselor de alimentare stabilizate, izolate și protejate, cu aplicații în medicină, realizare practică.

Astfel, valorile medii prezentate în studiu erau de $339 \Omega cm$ pentru zona sânilor sau a pieptului (plămâni) și $342 \Omega cm$ pentru zona în care este poziționat ficatul. Valorile rezistivității bioelectrice care au fost obținute prin măsurători efectuate asupra subiecților din INC DIE ICPE-CA au fost în jur de $274 \Omega cm$ pentru piept/plămâni și $278 \Omega cm$ pentru ficat, **fig. 6**.

Sistemul de măsură a bioimpedanței prezintă o procedură de etalonare/calibrare facilă, prin conectarea unui dispozitiv de etalonare și ajustarea amplificării globale cu ajutorul celor două potențioetre multitură de pe panoul frontal și afișarea valorii de $1000 \Omega cm$ a rezistivității. Dispunerea celor patru electrozi în formă de disc (în varianta prezentată, la o distanță de 6 cm unul față de celălalt, **fig. 4**) precum și menținerea unei presiuni constante asupra electrozilor minimizează erorile de măsurare, în special pentru cazul frecvențelor joase. De asemenea, echipamentul conține blocuri electronice de filtrare de bandă îngustă de ordinul patru,

pentru a minimiza efectul perturbator al semnalelor electromagnetice din mediul înconjurător, determinând astfel preluarea cu acuratețe a semnalului util de la senzorul de bioimpedanță.

Sistemul complex de măsură a bioimpedanței este alimentat de către sursele de alimentare stabilizate, izolate și protejate cu aplicații în medicină, **fig. 7**. Modulul electronic suplimentar de protecție este capabil să întrerupă circuitul de alimentare cu energie electrică.

Avantaje ale modului dezvoltat de ICPE-CA

Modulul realizează protecția întregului sistem electronic precum și a pacienților, prin decuplarea automată de la rețeaua de curent alternativ, dacă tensiunea de alimentare stabilizată monitorizată nu respectă limitele prestabilite. Ca o observație importantă, sistemul electronic de protecție realizat poate fi utilizat pentru protecția oricărui echipament din domeniul medical.

Totodată, o caracteristică specială a acestui echipament de protecție o constituie faptul că decuplarea automată de la rețeaua de curent alternativ se realizează prin intermediul dispozitivelor electronice cu comutație statică, astfel încât să poată fi utilizat inclusiv în medii inflamabile.

Nu în ultimul rând, valorile bioimpedanței obținute în funcție de frecvență oferă informații despre fiziologia și patologia țesuturilor, celulelor și organelor.

Rezultatele proiectului „Sistem complex de măsură a bioimpedanței, ca suport pentru monitorizarea funcțiilor vitale și dezvoltarea tehnicilor de impedanță cardiovasculară de utilitate clinică” au toate premisele de a fi implementate pe scară largă în sistemul medical, astfel încât să aducă plusvaloare și soluții la problemele societății în care trăim.